

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
Kurzfassung	3
Abstract	5
1 Einführung	7
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	8
1.2 Zielsetzung	11
1.3 Aufbau der Arbeit.....	11
2 Grundlagen	15
2.1 Materialflusssysteme	15
2.1.1 Aufbau und Aufgaben klassischer Materialflussteuerungen	16
2.1.2 Verteilung von Steuerungsfunktionen.....	20
2.1.3 Multiagentenbasierte Materialflussteuerung.....	22
2.2 Simulation	32
2.2.1 Sequenzielle Simulation.....	35
2.2.2 Verteilte Simulation	37
2.3 Emulation	40
3 Aufgaben und Verfahren der verteilten Simulation und Emulation	43
3.1 Mapping und Scheduling.....	43
3.2 Formales Modell der verteilten Simulation	44
3.3 Synchronisation.....	47
3.3.1 Ziele der Synchronisation	47
3.3.2 Verfahren zur konservativen Synchronisation von Simulationsmodellen.....	49
3.3.3 Zusammenfassung und Fazit.....	66
3.4 Partitionierung.....	69
3.4.1 Ziele der Partitionierung	69
3.4.2 Verfahren zur Partitionierung von Simulationsmodellen.....	72
3.4.3 Zusammenfassung und Fazit.....	87
3.5 Kopplung von Steuerungssystem und Simulator.....	89
3.5.1 Anwendungskontext der Emulation.....	89
3.5.2 Schnittstellen zwischen Steuerungssystem und technischem System.....	90
3.5.3 Synchronisation.....	92
3.5.4 Reproduzierbarkeit.....	101
3.5.5 Zusammenfassung und Fazit.....	103
3.6 Kommunikation.....	104
3.6.1 Kommunikationsinfrastrukturen und ihre Eigenschaften.....	104
3.6.2 Zusammenfassung und Fazit.....	107

4	Multiagentenbasierte Steuerung von Materialflusssystemen	109
4.1	Beschreibung von Materialflusssystemen im Simulationsmodell	109
4.1.1	Festlegung der Komplexität von Materialflusssystemen im Simulationsmodell.....	111
4.1.2	Modellierung von Materialflusssystemen	113
4.2	Dezentrales Routing in Materialflusssystemen.....	116
4.2.1	Aufgaben und Ziele des Routings in Datennetzen	116
4.2.2	Routingverfahren für paketvermittelnde Datennetze.....	117
4.2.3	Routing von Informationen und Routing von Lastobjekten	122
4.2.4	Dezentrale Routingverfahren für Materialflusssysteme	124
4.2.5	Agentenbasiertes Routing in Materialflusssystemen.....	126
4.3	Referenzverfahren zur dezentralen Materialflussteuerung.....	132
4.3.1	Anforderungen an die Referenzverfahren	132
4.3.2	Beschreibung der Referenzverfahren	133
5	Lösungskonzept	145
5.1	Framework für verteilte Simulation und Emulation	145
5.2	Einflussfaktoren bezüglich des Speedup der verteilten Simulation.....	148
5.2.1	Formalisierung des Speedup der verteilten Simulation	148
5.2.2	Anforderungen an die Synchronisation und Partitionierung	152
5.3	Synchronisationsverfahren	154
5.3.1	Algorithmus.....	154
5.3.2	Vorhersage externer Ereignisse.....	166
5.3.3	Berechnung des Lookahead.....	169
5.4	Partitionierungsverfahren	170
5.4.1	Abstraktion des Simulationsmodells für die Partitionierung.....	171
5.4.2	Zielfunktion.....	175
5.4.3	Gewichtung des Partitionierungsgraphen.....	177
5.4.4	Verwendung von METIS für die Partitionierung.....	183
5.5	Verfahren für beschleunigte Emulation.....	185
5.6	Kommunikationsinfrastruktur	190
6	Evaluation	193
6.1	Verwendete Softwarepakete	193
6.1.1	AutoMod	193
6.1.2	JADE.....	197
6.2	Implementierung.....	197
6.2.1	Komplexität der betrachteten Materialflussmodelle.....	200
6.2.2	Werkzeug zur Agentifizierung und Partitionierung von Simulationsmodellen.....	201
6.2.3	Prozesssystem des Materialflusssimulators.....	208
6.2.4	Multiagentenbasiertes Steuerungssystem.....	209
6.2.5	Middleware für Kommunikation	210
6.3	Testspezifikation.....	211
6.3.1	Untersuchungsziele und -umfang	211
6.3.2	Referenzmodelle.....	216
6.3.3	Testumgebung	222
6.3.4	Testdurchführung	223

6.4	Ergebnisse	224
6.4.1	Synchronisationsverfahren	224
6.4.2	Ereignisgranularität	226
6.4.3	Partitionierungsverfahren	228
6.4.4	Routingverfahren	230
6.4.5	Strukturelle und externe dynamische Komplexität	231
6.4.6	Emulation	234
6.4.7	Diskussion der Ergebnisse	238
7	Zusammenfassung und Ausblick	243
7.1	Ergebnisse im Überblick	243
7.2	Ausblick	245
	Abbildungsverzeichnis.....	248
	Tabellenverzeichnis	252
	Abkürzungsverzeichnis	254
	Symbolverzeichnis	256
	Literaturverzeichnis	258
A	Anhang	276
A.1	Spezifikation der Eingabedateien für die verteilte Simulation und Emulation.....	276
A.1.1	Agentendefinition.....	276
A.1.2	Simulationskonfiguration	278
A.1.3	Last- und Störungsdaten.....	280
A.2	Spezifikation der Nachrichten für die verteilte Simulation und Emulation.....	281
A.3	Benutzeroberflächen der entwickelten Werkzeuge	286
A.4	Kennzahlen zu den Modellklassen der experimentellen Testläufe.....	289
A.5	Erläuterung der Funktionsweise des Dijkstra-Algorithmus	296
A.6	Formalisierung der konservativen Synchronisation	298
A.7	Implementierungsaspekte des Steuerungssystems auf Basis von JADE	300
A.7.1	Aufbau und Funktionsweise der JADE Plattform	300
A.7.2	Umsetzung der Routingverfahren	303
A.7.3	Nachrichtenschnittstelle	304
A.8	Implementierungsaspekte des AutoMod-Prozesssystems	305
A.8.1	Grundlegende Funktionsweise	305
A.8.2	Agentenkommunikation im Simulator	307
A.8.3	Berechnung von Garantien.....	308
A.8.4	Terminierung der Simulation	309
A.9	Implementierungsaspekte der Middleware für Kommunikation	312